

## Estimation of Black Porous Polyethylene Shade Covers Effect on Evaporation Rate in Dam Reservoirs

SOHRAB SALEHI<sup>1</sup>, MOHAMMAD HOSSEIN NIKSOKHAN<sup>2\*</sup>, MOJTABA ARDESTANI<sup>3</sup>

1. MSc Student, Environmental Engineering Department, School of Environment, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Environmental Engineering Department, School of Environment, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Professor, Environmental Engineering Department, School of Environment, Collage of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: July. 1, 2017- Revised: Oct. 31, 2017- Accepted: Apr. 3, 2018)

### ABSTRACT

One of the most effective techniques to reduce evaporation rate is to use suspended shade covers to create shadow on the water bodies. Black polyethylene is a material that can be used for covering as porous fabric like sheets. In this study, energy balance analysis was used to evaluate the effects of using this type of covers in dam reservoirs on evaporation rate. Minab dam was selected as case study and energy modeling was conducted with respect to different scenarios. Results show that the use of black porous polyethylene can reduce evaporation by an average of 77% and 83% in the case of using single-layer and double-layer, respectively. This amount of evaporation reduction could be lead to reduce 11, 22 and 33 million cubic meters for 30%, 60% and 90% covering scenarios, respectively, for Minab dam reservoir.

**Keywords:** Energy balance, solar radiation, Evaporation reduction, Quantitative management

## تخمین اثرات استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل سیاه در مخازن سدها بر میزان تبخیر

سهراب صالحی طر خورانی<sup>۱</sup>، محمدحسین نیک سخن<sup>۲\*</sup>، مجتبی اردستانی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
  ۲. دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
  ۳. استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۸/۹ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱/۱۴)

### چکیده

یکی از مؤثرترین روش های کاهش میزان تبخیر، استفاده از پوشش هایی معلق، جهت ایجاد سایه بر روی پهنه های آبی است. پلی اتیلن سیاه، یکی از موادی است که می تواند جهت پوشش به صورت صفحات پارچه مانند متخلخل استفاده گردد. در این تحقیق برای بررسی میزان اثرات استفاده از این نوع پوشش ها در مخازن سدها بر مقدار تبخیر، از روشی بر پایه بررسی بیلان انرژی مخزن استفاده شده است. مخزن سد استقلال میناب برای بررسی موردی انتخاب و مدل سازی انرژی مخزن در حالات مختلف انجام شد. بررسی های صورت گرفته نشان می دهد که استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل سیاه (BPE)، می تواند به طور متوسط کاهش تبخیری برابر ۷۷٪ در حالت استفاده از پوشش تک لایه و ۸۳٪ در حالت پوشش دولایه داشته باشد. این میزان کاهش تبخیر با توجه به سناریوهای پوشش ۳۰٪، ۶۰٪ و ۹۰٪ مخزن سد استقلال میناب، می تواند به ترتیب تا حدود ۱۱، ۲۲ و ۳۳ میلیون مترمکعب کاهش میزان تبخیر را در پی داشته باشد.

**واژه های کلیدی:** بیلان انرژی، تشعشع خورشیدی، کاهش تبخیر، مدیریت کمی

### مقدمه

در سال های اخیر، تغییرات اقلیم و تقاضای فزاینده آب باعث بروز مشکلاتی در مدیریت پایدار منابع آب در کشور گردیده است. این مهم خصوصاً در مورد تأمین آب شرب، بسیار حیاتی می گردد و بعضاً باعث گرایش به سمت تأمین نیازهای مختلف آبی از منابع آب زیرزمینی و افت بیش از اندازه سطح برخی از آبخوان های کشور گشته است. از سوی دیگر سالانه میلیون ها مترمکعب آب شیرین ذخیره شده پشت سدها که با صرف هزینه های هنگفت ساخته و نگهداری می شوند، تبخیر شده و هدر می رود؛ بنابراین ضرورت انجام تمهیداتی جهت کاهش تبخیر با توجه به موارد مطروح شده، لازم به نظر می رسد.

تبخیر یکی از مهمترین فرآیندهای هیدرولوژی و هواشناسی می باشد. کشور ایران سالانه حدود ۴۲٪ آب مصرفی خود را از منابع آب سطحی تأمین می نماید (FAO, 2016). برای کنترل این میزان آب تا سال ۲۰۰۶ حدود ۳۲ میلیارد مترمکعب مخزن سد در ایران ساخته شده است که با سرانه حدود ۴۰۰ مترمکعب ذخیره سد ساخته شده به ازای هر نفر و با توجه به میانگین منطقه، عددی مناسب به نظر می رسد. با توجه به اقلیم اکثرآ گرم کشور و همچنین بارش میانگین ۲۵۰ میلی متر

سالیانه و میانگین تبخیر سالیانه حدود ۲۰۰۰ میلی متر، مدیریت کمی منابع آب بسیار مهم و حیاتی به نظر می رسد. از سوی دیگر میزان سرانه آب تجدید شونده کشور نیز از حدود ۲۳۵۰ مترمکعب به ازای هر نفر در سال ۱۹۹۲ میلادی به حدود ۱۷۵۰ مترمکعب به ازای هر نفر در سال ۲۰۱۴ کاهش یافته است که موضوع مدیریت عرضه و تقاضای آب را امری حیاتی می کند. با توجه به میزان بالای تبخیر از سطح مخازن سدها، کاهش این میزان تبخیر و افزایش حجم آب مخازن، همواره یکی از دغدغه های متولیان صنعت آب کشور بوده است. عوامل متعددی بر میزان تبخیر از سطوح مخازن آب و دریاچه ها تأثیر گذارند. مهمترین آن ها که محل تمرکز مطالعات کاهش تبخیر نیز هستند را می توان موارد زیر دانست (Alizadeh, 2008):

- ۱- تابش خورشید: مهمترین عامل تبخیر از مخازن، تابش خورشید است. هر گرم آب برای تبدیل شدن به بخار حدود ۶۰۰ کالری حرارت لازم دارد که این انرژی را از تشعشعات خورشیدی تأمین می نماید. میزان این انرژی دریافتی به عرض جغرافیایی محل و همچنین زمان تابش بستگی دارد.
- ۲- تفاوت میزان فشار بخار هوا با میزان فشار بخار اشباع در دمای هوا: هر چه میزان این تفاوت بیشتر باشد، میزان تبخیر نیز افزایش می یابد.

آب از بین می‌رود و نیاز به پخش دوباره الکل بر روی آب وجود دارد.

Piri *et al.* (2011) با بررسی دو روش فیزیکی استفاده از پوشش پلی‌استایرن و مغناطیس کردن آب در تحت تبخیر، نتیجه گرفتند که با استفاده از پوشش پلی‌استایرن می‌توان ۵۵-۳۰ درصد تبخیر را کاهش داد، آن‌ها همچنین بیان کردند که افزایش ضخامت پلی‌استایرن، تأثیر چندانی بر میزان کاهش تبخیر ندارد. آن‌ها در خصوص میزان پوشش نیز ذکر کرده‌اند که پوشاندن ۸۰ درصدی سطح تحت، اگرچه باعث کاهش چشمگیر تبخیر می‌گردد، لیکن این آزمایش شاهد رشد جلبک نیز بوده است. ضمناً بیان داشته‌اند که مغناطیس کردن آب نیز می‌تواند باعث کاهش تبخیر گردد اما میزان این کاهش نسبت به روش‌های دیگر کمتر و هزینه و ادوات بیشتری را می‌طلبد.

Hunter *et al.* (2007) با استفاده از پوشش‌های معلق بر روی چندین مخزن آب در مدت ۲ سال آزمایش، متوسط کاهش حدود ۹۰٪ را در میزان تبخیر از سطح مخازن آب را گزارش نمودند.

Simon *et al.* (2015) استفاده از بطری‌های پلاستیکی (PET) استفاده‌شده را به‌عنوان پوشش بر سطح مخازن آب کشاورزی پیشنهاد کردند. آن‌ها با آزمایش استفاده از این بطری‌ها (به‌صورت پرشده با خاک و یا به‌صورت خالی) بر روی ۴ تشت تبخیر، به میزان متوسط ۴۰٪ کاهش تبخیر دست یافتند. همچنین دریافتند که اضافه کردن خاک به درون بطری‌ها، تأثیر چندانی بر میزان کاهش تبخیر نسبت به حالت بطری‌های خالی ندارد.

Sabatsani and Mohammadi (2012) با پخش ستیل الکل بر روی بشرهای دو لیتری حاوی آب شهری، در محیط آزمایشگاهی در شهر ارومیه با تواتر پخش تک لایه ۴ الی ۵ روزه، به کاهش متوسط ۲۸،۱۲٪ دست یافتند. همچنین در این تحقیق میزان اثر تک‌لایه مذکور بر روی آب دریاچه ارومیه نیز بررسی گردیده و متوسط کاهش ۱۲٪ تبخیر را نتیجه داده است.

Mazraeno *et al.* (2014) با استفاده از پوشش‌های یونولیتی با سطح پوشش ۹۰٪ بر روی تشت‌های تبخیر در شهرستان اردکان استان یزد، طی دو ماه آزمایش به‌طور متوسط کاهش تبخیری برابر با ۵۱،۶٪ را گزارش نموده‌اند.

یکی از روش‌هایی که می‌تواند برای کاهش تبخیر توسط کاهش میزان تشعشعات خورشید مؤثر واقع شود، استفاده از پوشش‌های سایه‌انداز معلق است. از مزایای این سیستم عدم تماس مستقیم با آب مخازن است. ضمناً این روش، برخی

۳-سرعت باد: باد، جابه‌جا کننده لایه نازک اشباع شده با بخار آبی است که در حد فاصل سطح مرطوب و هوا قرار می‌گیرد.

بسیاری عوامل دیگر همچون سطح تبخیر و شوری آب نیز بر تبخیر مؤثرند ولی به جهت مشکل بودن تغییر این پارامترها برای کاهش تبخیر، تأکید چندانی بر تغییر این پارامترها نیست. با توجه به میزان تبخیر بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال و همچنین تغییرات شدید در میزان ذخیره مخزن در سال‌های اخیر در سد استقلال میناب، این سد به‌عنوان سد مورد مطالعه انتخاب شد. تا کنون روش‌های بسیاری برای کاهش تبخیر آزمایش شده و نتایج متفاوتی نیز ارائه شده است ولیکن اکثر آن‌ها به دلیل عملیاتی نبودن اقتصادی و یا فنی و همچنین عدم امکان استفاده در بلند مدت، به مرحله اجرا نرسیده‌اند. از میان این روش‌ها می‌توان به رنگی کردن آب به جهت افزایش بازتاب نور خورشید، استفاده از تک‌لایه‌ها و الکل‌های سنگین بر روی سطح آب و توپ سایه اشاره کرد که با توجه به برخی ضعف‌ها خصوصاً افزودن مواد شیمیایی به آب و همچنین نیاز به تجدید مواد شیمیایی در برخی از روش‌ها، کمتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

به طور کلی، روش‌های کاهش میزان تبخیر از مخازن آب را می‌توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. در روش‌های شیمیایی به‌وسیله افزایش نیروی کشش سطحی آب و یا پوشاندن سطح آب با استفاده از مایعاتی با چسبندگی زیاد، از هدر رفت و تبخیر مولکول‌های آب جلوگیری می‌کنند و روش‌های فیزیکی نیز اکثراً بر ایجاد سایه بر پهنه‌های آبی تأکید دارند.

Alvarez *et al.* (2006) با انجام آزمایش‌هایی با استفاده از پوشش‌های پلی‌اتیلنی متخلخل برای کاهش تبخیر از تحت تبخیر، کاهش مابین ۷۵ تا ۸۵ درصدی تبخیر با توجه به نوع و ضخامت پوشش را به دست آوردند.

Piri *et al.* (2009) پس از بررسی اثرات استفاده از الکل‌های هگزادکانول و اکتادکانول و ترکیبی از این دو الکل بر روی تشت‌های تبخیر کلاس A در غلظت‌هایی معادل ۲۰ و ۴۰ گرم در هکتار، نتیجه گرفتند که میزان کاهش تبخیر با استفاده از اکتادکانول نسبت به هگزادکانول بیشتر است و این اثر در حالت مخلوط دو الکل فوق‌الذکر بیشتر نیز می‌گردد (بیش از ۵۰ درصد). همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اثر افزودن این الکل‌ها بر روی آب، در شرایط وزش باد با سرعت بالا (بیش از ۷ متر بر ثانیه)، بسیار کاهش می‌یابد، آن‌ها همچنین دریافتند که پس از حدود ۲ روز بخش بزرگی از غشا پخش‌شده بر روی

نگرانی‌ها در خصوص تأثیر مواد مختلف بر کیفیت آب را در برخی روش‌ها از میان می‌برد. تا کنون از این سیستم در برخی از کشورهای آمریکای جنوبی جهت پوشش مخازن آب کشاورزی استفاده شده است. نصب این پوشش‌ها بر روی سازه‌هایی سبک فلزی یا پلاستیکی با چشمه‌های مؤثر حدود  $0.5 \times 0.5$  متری انجام می‌گیرد این سازه‌های سبک با استفاده از سیم‌های فولادی به دیوارهای بتنی و یا ستون‌های فلزی در کناره‌های مخزن متصل و محکم می‌گردد. در مورد سدها که اکثراً دهانه سازه‌های آنها از ۶۰ متر تجاوز می‌نماید بایستی به تعداد لازم از مهارهای لازم مابین دو سمت مخزن استفاده شود. جنس پوشش‌ها نیز از پلی‌اتیلن مشکی متخلخل است. دلیل انتخاب این جنس از پوشش‌ها، مقاومت مناسب پلی‌اتیلن در برابر تشعشعات خورشید، متخلخل بودن این نوع پوشش‌ها و ساده و در دسترس بودن این پوشش‌ها است ( Alvarez et al., 2006).

هدف این تحقیق، بررسی تأثیرات این روش بر کاهش تبخیر، برای استفاده در مخازن سد کشور است. سد استقلال میناب برای مطالعه موردی و به‌عنوان نمونه‌ای از سدهای جنوب کشور انتخاب گردید. همچنین استفاده از این پوشش‌ها در دو حالت تک لایه و دو لایه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

سد استقلال میناب یکی از مهم‌ترین سدهای ساخته‌شده در استان هرمزگان، واقع در شهرستان میناب و در ۳ کیلومتری شهر میناب است. این سد با حجم کل ۳۵۰ میلیون مترمکعب و حجم مفید ۲۷۰ میلیون مترمکعب، با هدف تأمین آب شرب و کشاورزی و همچنین کنترل سیلاب، بر روی رودخانه میناب احداث گردیده است. این سد از نوع بتنی وزنی پایه‌دار و دارای ۱۴ دریچه قوسی جهت تخلیه سیلاب است. سد استقلال میناب در حوضه آبریز اصلی خلیج فارس و حوضه آبریز فرعی بندرعباس-سدیج واقع است. هم‌اکنون این سد حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد آب شرب شهر بندرعباس، مرکز استان هرمزگان را تأمین می‌کند. با توجه به این مطلب، سد استقلال از اهمیت ویژه‌ای در استان هرمزگان برخوردار است. این سد در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و در حوضه آبریز میناب، پرآب‌ترین حوضه استان هرمزگان، واقع شده است. این حوضه با وسعتی حدود  $10702$  کیلومتر مربع در شمال شرقی و شمال شهرستان میناب قرار دارد. حدوداً ۶۰ درصد این حوضه آبریز در استان کرمان و ۴۰

درصد دیگر در استان هرمزگان واقع شده است. نمایی از موقعیت جغرافیایی سد استقلال میناب در شکل (۱) آمده است. اخیراً تغییرات اقلیم و همچنین رشد بی‌رویه مصارف، باعث کاهش شدید آب ذخیره‌شده در مخزن سد گردیده است که گاه‌گاه مشکلاتی را برای تأمین آب استان هرمزگان و خصوصاً شهرستان بندرعباس به وجود آورده است. با توجه به اقلیم گرم منطقه، سالانه مقدار زیادی از آب ذخیره‌شده در مخزن سد تبخیر می‌شود و علاوه بر هدر رفت این آب شیرین که با هزینه‌های زیادی جمع‌آوری شده‌اند، املاح و نمک‌های به‌جا مانده از این حجم آب تبخیر شده، باعث کاهش کیفیت آب می‌گردد. اهمیت موضوع زمانی بیشتر آشکار می‌شود که بدانیم متوسط میزان بارندگی سالانه در کشور ما رقمی تقریباً معادل ۲۵۰ میلی‌لیتر است که حدود یک‌سوم متوسط میزان بارندگی در سطح دنیاست.

بنا بر مطالب ذکرشده، یکی از روش‌های افزایش حجم مخازن سدها خصوصاً در مناطقی با میزان تبخیر زیاد، عمل به اقداماتی برای کاهش در میزان تبخیر از این مخازن است. این اقدامات خصوصاً در مناطقی که میزان تبخیر زیادی دارند و همچنین مناطقی که برخی از سدهای مهم در آن‌ها واقع است، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی سد استقلال میناب

### روابط مورد استفاده

برای محاسبه میزان اثرات استفاده از این پوشش‌ها بر میزان تبخیر، ابتدا میزان تبخیر با استفاده از روابط تئوریک بیلان انرژی، در حالت بدون پوشش مدل‌سازی شد و سپس برای بررسی پوشش‌ها، اثرات آن‌ها بویژه بر میزان تابش تشعشعات در روابط مذکور اعمال گردید و میزان تبخیر برای هر دو حالت

(Hassani et al., 2011):

$$K \downarrow = K_{ET} \times \left( a + b \frac{n}{N} \right) \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در رابطه فوق:

a و b: ضرایب محلی هستند که مقادیر آنها حدوداً به

ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۴۸ می باشد.

n: تعداد واقعی ساعات آفتابی مشاهده شده

N: حداکثر ساعات آفتابی ممکن در منطقه

$K_{ET}$ : تابش خورشیدی در بالای اتمسفر ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )

مطابق رابطه زیر (Allen et al., 1998):

(رابطه ۸)

$$K_{ET} = \frac{24(60)}{\pi} 0.082 d_r (\omega_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \cos(\omega_s))$$

در رابطه فوق:

$\phi$ : عرض جغرافیایی به رادیان

$\omega_s$ : زاویه غروب خورشید

X: ضریب

$\delta$ : تلفات خورشیدی

$d_r$ : فاصله نسبی معکوس زمین-خورشید

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan\left(\frac{-tg(\phi)tg(\delta)}{X^{0.5}}\right) \quad (\text{رابطه ۹})$$

$$X = 1 - (tg(\phi))^2 (tg(\delta))^2 \quad (\text{رابطه ۱۰})$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

که در این روابط J روز ژولین (Julian day) و باقی

پارامترها مشابه توضیحات پیشین می باشند. تابش طول موج بلند ورودی

$L \downarrow$  ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد

(Oke, 1987; Idso and Jackson 1969):

(رابطه ۱۳)

$$L \downarrow = (C_f + (1 - C_f)(1 - (0.261 \exp(-7.777 T_a^2 \times 10^{-4})))) \sigma (T_a + 273.15)^4$$

که در این رابطه:

$T_a$ : دمای هوای خشک ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\sigma$ : ثابت استفان-بولتزمن (برابر با  $5.67 \times 10^{-8} \text{ MJ Kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ )

$C_f$ : شاخص ابرناکی

تابش طول موج بلند خروجی  $L \uparrow$  ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )، با استفاده

از ثابت استفان-بولتزمن (Stephan-Boltzman) و همچنین

استفاده از پوشش تک لایه و پوشش دو لایه، به دست آمد. جزئیات روابط و پارامترهای اشاره شده، در زیر آمده است.

برای برآورد میزان تبخیر از مخزن سد، از رابطه پنمن-

مانیث به شرح زیر استفاده گردید (Monteith, 1965; )

(McJannet et al, 2008):

(رابطه ۱)

$$E = \frac{1}{\lambda} \left( \frac{\Delta_w (Q^* - N) + 86400 \rho_a C_a (e_w^* - e_a) / r_a}{\Delta_w + \gamma} \right)$$

که پارامترهای این رابطه عبارتند از:

E: میزان تبخیر روزانه بر حسب میلی متر

$\rho_a$ : چگالی هوا ( $\text{Kg.m}^{-3}$ )

$C_a$ : گرمای ویژه هوا ( $\text{MJ.Kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ )

باقی پارامترهای موجود در این رابطه نیز به ترتیب

محاسبه در ادامه آورده شده است.

در این پژوهش، چگالی هوا برابر  $1/2 \text{ Kg.m}^{-3}$  و میزان

گرمای ویژه هوا برابر با  $1.013 \text{ MJ.Kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$  در نظر

گرفته شد. همچنین میزان گرمای نهان تبخیر ( $\text{MJ Kg}^{-1}$ )  $\lambda$  و

ثابت سایکرومتری ( $\text{Kpa } ^{\circ}\text{C}$ )  $\gamma$  نیز با توجه به دمای هوا ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_a$

به صورت زیر محاسبه می گردد (Abtew and Melesse, 2013):

$$\lambda = 2.501 - 2.361 T_a \times 10^{-3} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\gamma = \frac{100 C_a}{0.622 \lambda} \quad (\text{رابطه ۳})$$

مقاومت آئرودینامیکی ( $\text{s.m}^{-1}$ )  $r_a$  نیز از رابطه زیر محاسبه

می شود (Calder and Neal, 1984):

$$r_a = \frac{\rho_a C_a}{\gamma (f(u) / 86400)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در رابطه (۴)، تابع باد ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ Kpa}^{-1}$ )  $f(u)$ ، با توجه

به متوسط سرعت باد در فاصله ۱۰ متری سطح زمین ( $U_{10}$ ) و

مساحت مخزن ( $\text{Km}^2$ )، مطابق رابطه (۵) محاسبه می گردد

(Sweers, 1976):

$$f(u) = \left( \frac{5}{A} \right)^{0.05} (3.80 + 1.57 U_{10}) \quad (\text{رابطه ۵})$$

میزان تابش خالص نور خورشید ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )  $Q^*$ ، با

استفاده از میزان تشعشعات با طول موج کوتاه (K) و طول موج

بلند (L) به شکل زیر محاسبه می گردد:

$$Q^* = K \downarrow (1 - \alpha) + (L \downarrow - L \uparrow) \quad (\text{رابطه ۶})$$

برای محاسبه تشعشع طول موج بلند ورودی ( $K \downarrow$ )، از

رابطه پیشنهادی توسط آنگستروم که بر اساس ساعت آفتابی

است، استفاده گردید که به شرح زیر است (Alizadeh, 2008; )

دمای سطح آب به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$L \uparrow = 0.97\sigma(T_w + 273.15)^4 \quad (\text{رابطه ۱۴})$$

برای محاسبه دمای آب  $T_w(^{\circ}\text{C})$ ، از رابطه زیر استفاده می‌گردد (de Bruin, 1982):

$$T_w = T_e + (T_{w0} - T_e)\exp(-1/\tau) \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

که در این رابطه  $T_e(^{\circ}\text{C})$  دمای تعادل است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T_e = T_n + \frac{Q_n^*}{4\sigma(T_n + 273.15)^3 + f(u)(\Delta_n + \gamma)} \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

در رابطه فوق:

$T_n$ : دمای هوای تر

$Q_n^*$ : تابش خالص در دمای هوای تر

$\Delta_n$ : شیب نمودار دمای هوای اشباع در نقطه دمای هوای

تر (که مطابق رابطه (۱۷) به دست می‌آید). باقی موارد نیز مشابه روابط پیشین هستند.

$$\Delta_n = \frac{4098(0.6108 \exp(\frac{17.27T_n}{T_n + 237.3}))}{(T_n + 237.3)^2} \quad (\text{رابطه ۱۷})$$

تابش خالص در دمای تر  $Q_n^*$  نیز از رابطه زیر محاسبه

می‌گردد:

$$Q_n^* = K \downarrow (1 - \alpha) + (L \downarrow - L \uparrow_n) \quad (\text{رابطه ۱۸})$$

که در این رابطه،  $L \uparrow_n$  میزان تابش با طول موج بلند

خروجی است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

(رابطه ۱۹)

$$L \uparrow_n = \sigma(T_a + 273.15)^4 + 4\sigma(T_a + 273.15)^3(T_n - T_a)$$

ثابت زمان  $\tau$  (با واحد روز) با استفاده از رابطه زیر محاسبه

می‌گردد (de Bruin, 1982):

$$\tau = \frac{\rho_w C_w Z}{4\sigma(T_n + 273.15)^3 + f(u)(\Delta_n + \gamma)} \quad (\text{رابطه ۲۰})$$

در این رابطه  $Z$  میانگین عمق مخزن به متر و باقی

پارامترها مشابه توضیحات پیشین هستند. با توجه به این که

روش پنمن-مانیث مورد استفاده در این تحقیق بر پایه بیلان

انرژی مخزن استوار است، میزان تغییر در ذخیره انرژی گرمایی

$N(\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1})$  به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$N = \rho_w C_w Z (T_w - T_{w0}) \quad (\text{رابطه ۲۱})$$

که در این رابطه،  $T_w$  دمای سطح آب در گام فعلی و  $T_{w0}$

دمای سطح آب در گام قبلی (در اینجا روز پیش مورد نظر

است) هستند.

میزان فشار بخار اشباع در دمای آب  $e_w^*$  بر حسب

کیلوپاسکال از رابطه زیر استفاده گردید:

$$e_w^* = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T_w}{T_w + 237.3}\right) \quad (\text{رابطه ۲۲})$$

شیب نمودار دمای هوای اشباع در نقطه دمای آب به

شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta_w = \frac{4098(0.6108 \exp(\frac{17.27T_w}{T_w + 237.3}))}{(T_w + 237.3)^2} \quad (\text{رابطه ۲۳})$$

پس از جمع‌آوری داده‌های لازم هواشناسی به صورت

متوسط روزانه، شامل دمای هوای خشک، دمای هوای تر، نقطه

شبنم و میزان رطوبت، میزان تبخیر روزانه مخزن، تعداد ساعات

آفتابی برای دوره ۵ ساله ۱۳۹۰-۱۳۹۴ مطابق رابطه پنمن-

مانیث محاسبه گردید.

استفاده از پوشش سایه‌انداز پلی‌اتیلنی متخلخل

همان‌گونه که در قسمت مقدمه ذکر گردید، هدف این تحقیق

بررسی اثرات کمی استفاده از پوشش پلی‌اتیلن متخلخل جهت

کاهش میزان تبخیر از سطح مخازن سدها است که سد استقلال

میناب برای مطالعه موردی انتخاب شده است.

(Alvarez et al., 2006) با انجام آزمایش‌هایی، برخی از

مشخصات پوشش‌های پلی‌اتیلنی متخلخل و همچنین اثرات

استفاده از این پوشش‌ها بر روی تشت تبخیر را اندازه‌گیری

نمودند. آن‌ها برای تعیین مشخصات پوشش پلی‌اتیلنی

استفاده‌شده، از روش CIE برای تعیین مشخصات رنگی پوشش

استفاده کردند. سه پارامتر  $a$  و  $b$  و درخشش، معین کننده رنگ

و مشخصات رنگی هستند. به طوری که درخشش اعدادی مابین

۰ (تاریکی مطلق) تا ۱۰۰ (روشنایی مطلق) را می‌پذیرد و پارامتر

$a$  تعیین کننده تفاوت رنگ مابین سبز (-a) و قرمز (+a) و پارامتر

$b$  معین کننده تفاوت رنگی مابین زرد (+b) و آبی (-b) است. با

توجه به این موارد، آن‌ها مشخصات پوشش‌های پلی‌اتیلنی

متخلخل را به صورت زیر به دست آوردند:

$$a = -0.05, b = 0.28$$

درخشش = ۲۲/۳٪

این محققین با تعبیه سازه سبک برای تأمین چشمه‌های

مربعی، پوشش‌های پلی‌اتیلنی متخلخل را در فاصله ۳۰

سانتی‌متری بالای سطح آب در تشت، قرار دادند. همچنین با

تعبیه سنسورهای سنجش نور در بیرون تشت تبخیر و درون

تشت تبخیر (زیر پوشش‌ها) میزان گذر تشعشعات نور خورشید را

۶/۴٪ (با انحراف از معیار ۰/۶٪) در حالت استفاده از پوشش‌های

$$Q_{cover}^* = \beta Q^* \quad (\text{رابطه ۲۴})$$

$$Q_{n,cover}^* = \beta Q_n^*$$

### نتایج

نمودارهای دمای هوا، مقدار تابش موج کوتاه ورودی، سرعت باد و میزان رطوبت که مهمترین عوامل تبخیر از سطح آب مخازن هستند، به صورت روزانه در شکل‌های (۲ تا ۵) آورده شد است. (توضیح این که در تمامی نمودارهای ارائه شده در این تحقیق، محور افقی زمان است که به صورت روز، شمارش شده به صورت ممتد از اولین روز دوره مطالعه آورده شده است و مجموعاً ۵ سال شامل ۱۸۲۶ روز را شامل می‌گردد. ضمناً اعداد ذکر شده در مستطیل‌های زیر محور افقی نمودارها، نشان‌گر سال مورد مطالعه می‌باشد)

تک لایه و ۰/۸٪ (با انحراف معیار ۰/۱۶٪) در حالت استفاده از پوشش‌های دولایه به دست آوردند.

با توجه به امکان وزش باد از زیر پوشش‌ها به دلیل باز بودن زیر پوشش‌ها، بنابراین حضور این پوشش‌ها تأثیر بسزایی در سرعت باد ندارد. همچنین تأثیر حضور این پوشش‌ها بر میزان فشار بخار و تفاوت آن با فشار بخار اشیاء، توسط تأثیر پوشش‌ها بر دمای آب دیده می‌شود و نیازی به بررسی مجدد به نظر نمی‌رسد.

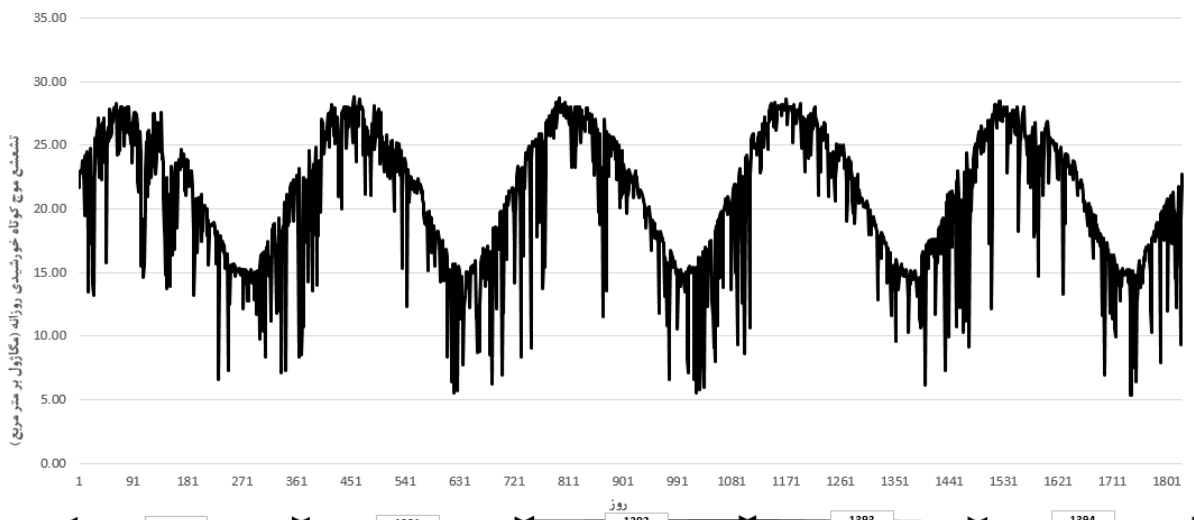
با توجه به موارد مذکور ضرایب کاهش  $\beta$  برابر با ۰/۰۶۴ و ۰/۰۰۸، بایستی مطابق روابط زیر در میزان تشعشعات خالص ( $Q^*, Q_n^*$ ) ضرب شوند:

میزان دمای خشک هوا

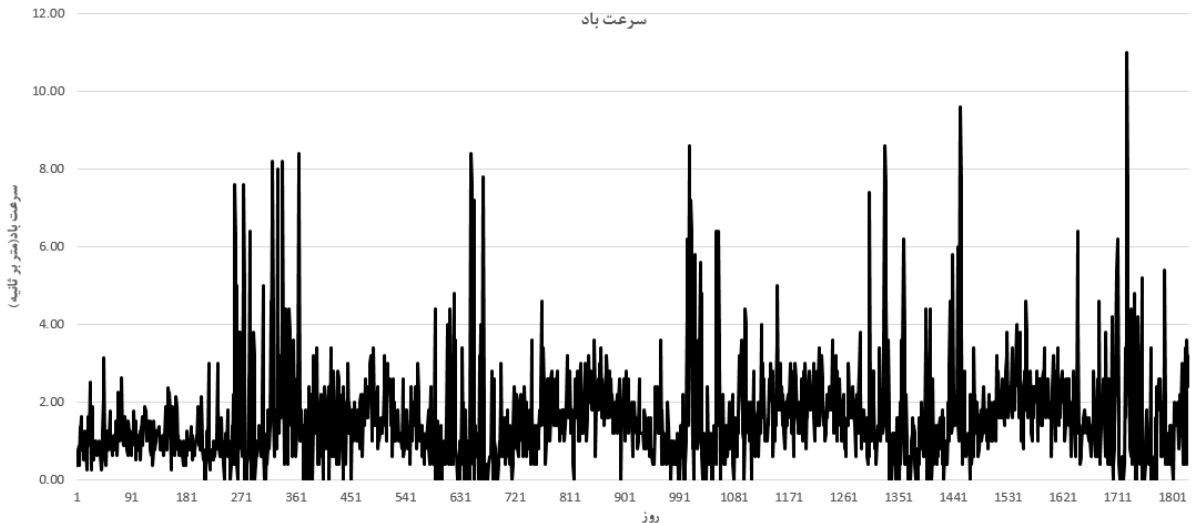


شکل ۲. میزان دمای خشک روزانه (۵ ساله منتهی به ۱۳۹۴)

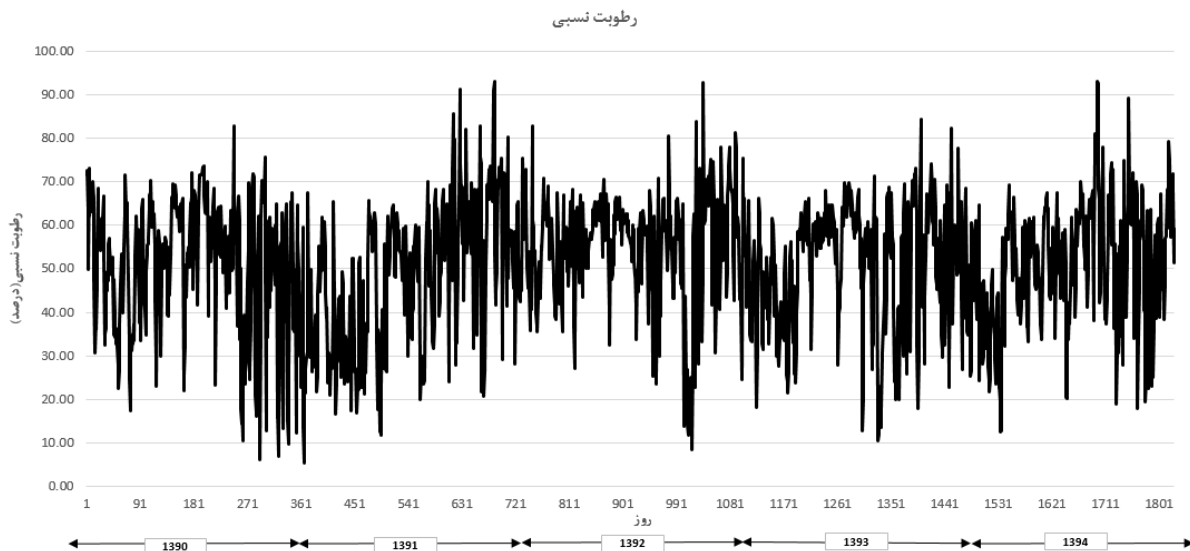
تسخیر موج کوتاه خورشیدی روزانه



شکل ۳. میزان تسخیر موج کوتاه ورودی (۵ ساله منتهی به ۱۳۹۴)



شکل ۴. میزان متوسط روزانه سرعت باد در ۱۰ متری (۵ ساله منتهی به ۱۳۹۴)



شکل ۵. میزان متوسط رطوبت روزانه (۵ ساله منتهی به ۱۳۹۴)

$R^2$ : ضریب تعیین؛  $\bar{P}$ : مقدار متوسط مقادیر محاسباتی؛  
 $O_i$ : مقادیر داده‌های مشاهداتی؛  $P_i$ : مقادیر داده‌های محاسباتی؛  
 $\bar{O}$ : مقدار متوسط مقادیر مشاهداتی  
 ۲- معیار نش-ساتکلیف ( $E_{ns}$ ): این ضریب که تاکنون در بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی خصوصاً مدل‌های تخمین دبی استفاده گردیده است، مطابق رابطه (۲۶)، تعریف می‌گردد (Nash and Sutcliffe, 1970).

$$E_{ns} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (\text{رابطه ۲۶})$$

محدوده تغییر مقدار معیار نش-ساتکلیف مابین ۱ تا  $-\infty$  می‌باشد. مقدار ۱ نمایانگر بهترین میزان تطابق داده‌های مشاهداتی با داده‌های محاسباتی است. هر مقدار که این معیار از عدد ۱ فاصله بگیرد، این تطابق کمتر می‌گردد، به گونه‌ای که

#### ارزیابی مدل

به منظور حصول اطمینان از عملکرد صحیح و دقیق فرمول استفاده شده جهت برآورد تبخیر در این تحقیق، از دو معیار ضریب تعیین و معیار نش-ساتکلیف (Nash-sutcliffe) استفاده گردیده است. در ادامه به بررسی این دو ضریب پرداخته می‌گردد:

#### ۱- ضریب تعیین

ضریب تعیین مجذور ضریب همبستگی است و به شکل رابطه (۲۵) تعریف می‌گردد. مقدار ضریب تعیین مابین ۰ و ۱ است. این ضریب بیان می‌دارد که مدل تا چه میزان توانایی پیش‌بینی پراکندگی داده‌های مشاهداتی را دارد (Krause et al., 2005).

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (\text{رابطه ۲۵})$$

در این رابطه:



ساتکلیف بایستی مقداری بیش از ۰/۵ داشته باشند (Moraisi et al., 2007; Van Liew et al., 2003; Santhi et al., 2001). بنابراین با توجه به مقادیر به دست آمده برای ضرایب مذکور در این تحقیق، روابط مورد استفاده در این تحقیق جهت برآورد میزان تبخیر، قابل قبول هستند.

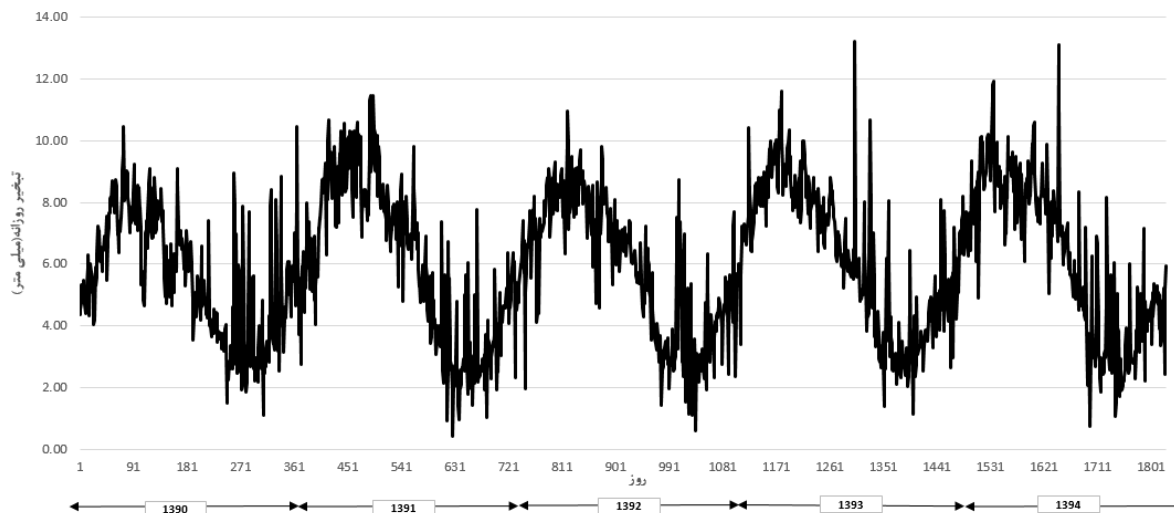
#### حالت ۱-بدون پوشش

محاسبات تبخیر به صورت روزانه و برای دوره پنج ساله منتهی به سال ۱۳۹۴ (ابتدای سال ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۴) برای ۱۸۲۶ روز انجام گرفت. نتایج حاصله به صورت نمودار شکل (۶) و همچنین جدول (۱)، آورده شده است.

برای مقادیر کمتر از صفر، استفاده از میانگین مقادیر مشاهداتی مناسبتر از استفاده از مدل جهت محاسبه داده‌ها است (Krause et al., 2005).

برای بررسی عملکرد روابط استفاده شده جهت برآورد میزان تبخیر، داده‌های مشاهداتی میزان تبخیر روزانه از تشت تبخیر ایستگاه سینوپتیک میناب از سازمان هواشناسی اخذ گردید و معیارهای ضریب تعیین و معیار نش-ساتکلیف برای ۱۸۲۶ روز مدت مطالعه، محاسبه گردید. مطابق نتایج به دست آمده برای این تحقیق، ضریب تعیین و معیار نش-ساتکلیف به ترتیب برابر با ۰/۶۳۵ و ۰/۶۲ به دست آمد. با توجه به مطالعات پیشین در خصوص تحقیقات هیدرولوژیکی، برای مورد قبول قرار گرفتن نتایج یک مدل، هر یک از ضرایب تعیین و نش-

میزان تبخیر روزانه (حالت بدون پوشش)



شکل ۶. میزان تبخیر روزانه طی ۵ سال مطالعه در حالت بدون پوشش (۱۸۲۶ روز)

تک لایه انجام گرفت. نتایج حاصله به صورت نمودار شکل (۷) و همچنین جدول (۲)، آورده شده است.

جدول ۲. میزان سالانه تبخیر از مخزن سد استقلال میناب در دوره مورد مطالعه در حالت استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل تک لایه

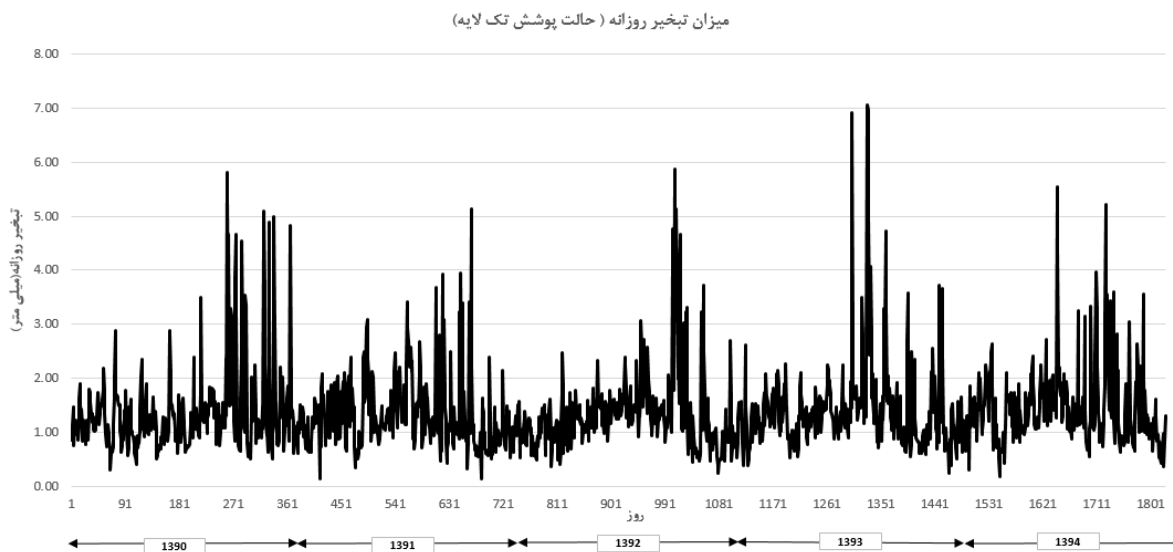
سال	میزان کل تبخیر سالانه (میلی متر)
۱۳۹۰	۵۰۳
۱۳۹۱	۴۸۶
۱۳۹۲	۴۸۴
۱۳۹۳	۵۱۷
۱۳۹۴	۵۱۴
مجموع ۵ سال	۲۵۰۴

جدول ۱. میزان سالانه تبخیر از مخزن سد استقلال میناب در دوره مورد مطالعه در حالت بدون پوشش

سال	میزان کل تبخیر سالانه (میلی متر)
۱۳۹۰	۲۰۲۹
۱۳۹۱	۲۲۲۶
۱۳۹۲	۲۱۲۴
۱۳۹۳	۲۲۷۱
۱۳۹۴	۲۲۲۶
مجموع ۵ سال	۱۰۹۱۶

#### حالت دوم-استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل یک لایه

محاسبات تبخیر به صورت روزانه و برای دوره پنج ساله منتهی به سال ۱۳۹۴ (ابتدای سال ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۴) برای ۱۸۲۶ روز در حالت استفاده از پوشش‌های پلی اتیلنی متخلخل



شکل ۷. میزان تبخیر روزانه طی ۵ سال مطالعه با استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل یک لایه (۱۸۲۶ روز)

صورت روزانه برای هر یک از حالات پوشش آورده شده است.

جدول ۳. میزان سالانه تبخیر از مخزن سد استقلال میناب در دوره مورد مطالعه در حالت استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل دو لایه

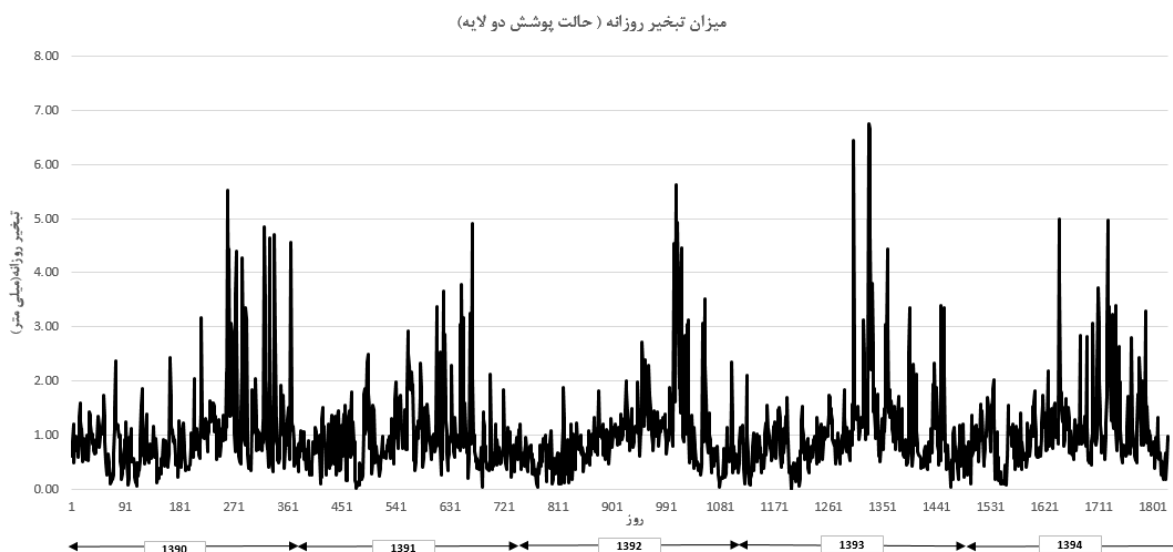
سال	میزان کل تبخیر سالانه (میلی متر)
۱۳۹۰	۳۸۴
۱۳۹۱	۳۵۳
۱۳۹۲	۳۵۷
۱۳۹۳	۳۸۴
۱۳۹۴	۳۸۲
مجموع ۵ سال	۱۸۶۰

حالت سوم- استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل دو لایه

محاسبات تبخیر به صورت روزانه و برای دوره پنج ساله منتهی به سال ۱۳۹۴ (ابتدای سال ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۴) برای ۱۸۲۶ روز در حالت استفاده از پوشش های پلی اتیلنی متخلخل دو لایه انجام گرفت. نتایج حاصله به صورت نمودار شکل (۸) و همچنین جدول (۳)، آورده شده است.

#### جمع بندی

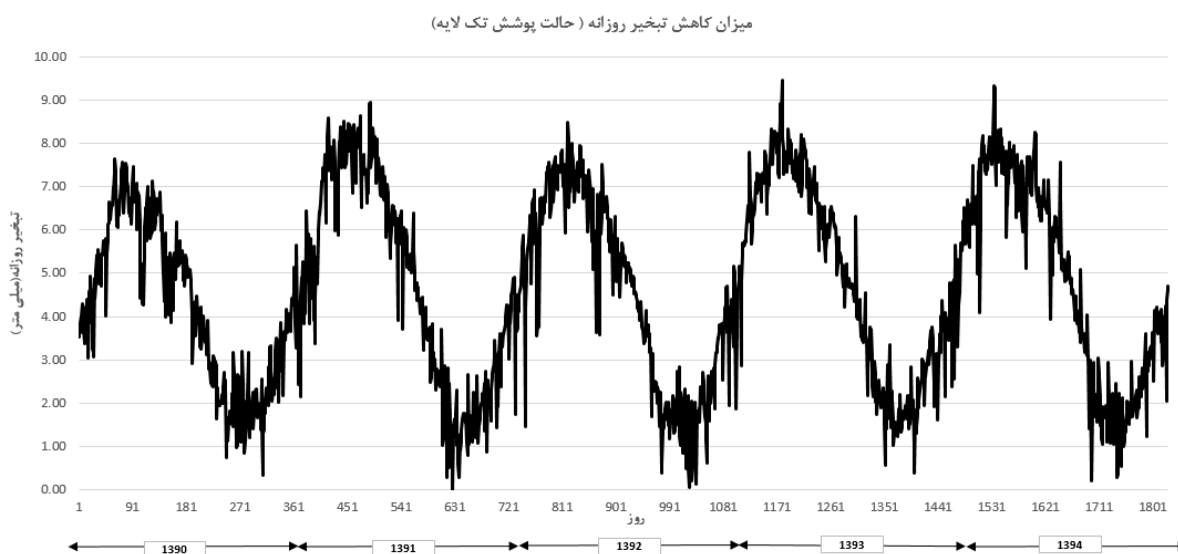
در جدول (۴)، نتایج تحقیق به صورت یکجا و به صورت مقایسه ای و در شکل های (۹ و ۱۰)، میزان کاهش تبخیر به



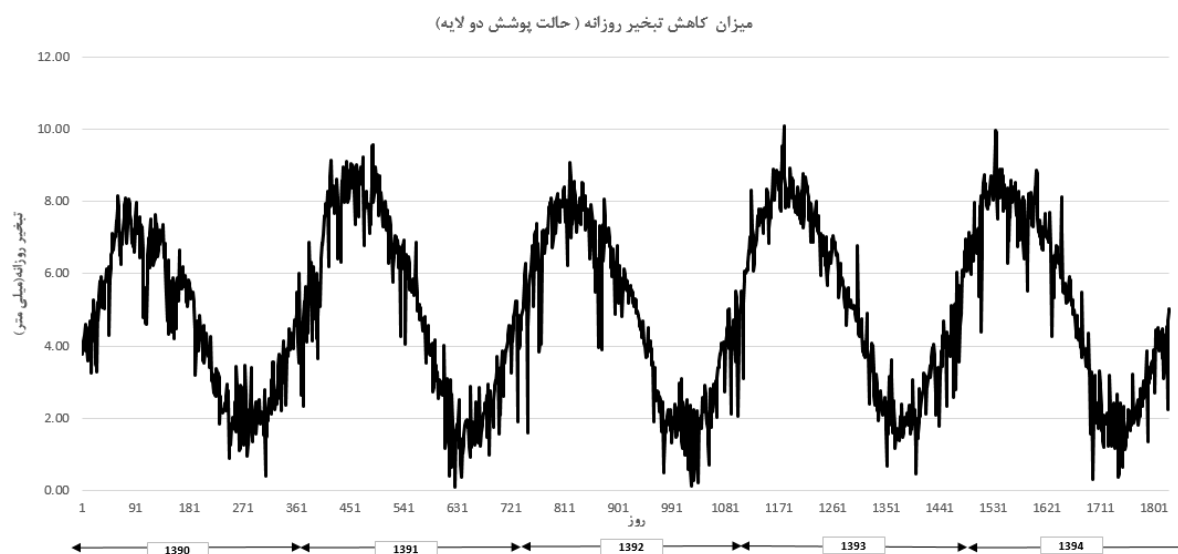
شکل ۸. میزان تبخیر روزانه طی ۵ سال مطالعه با استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل دو لایه (۱۸۲۶ روز)

جدول ۴. خلاصه میزان کاهش تبخیر در حالات مختلف

سال	میزان تبخیر بدون پوشش (میلی متر)	میزان تبخیر با پوشش تک لایه (میلی متر)	مقدار کاهش تبخیر در حالت تک لایه نسبت به حالت بدون پوشش (درصد)	میزان تبخیر با پوشش دو لایه (میلی متر)	مقدار کاهش تبخیر در حالت دو لایه نسبت به حالت بدون پوشش (درصد)
۱۳۹۰	۲۰۲۹	۵۰۳	۷۵/۲۱	۳۸۴	۸۱/۰۷
۱۳۹۱	۲۲۲۶	۴۸۶	۷۸/۱۷	۳۵۳	۸۴/۱۴
۱۳۹۲	۲۱۲۴	۴۸۴	۷۷/۲۱	۳۵۷	۸۳/۱۹
۱۳۹۳	۲۲۷۱	۵۱۷	۷۷/۲۳	۳۸۴	۸۳/۰۹
۱۳۹۴	۲۲۲۶	۵۱۴	۷۶/۹۱	۳۸۲	۸۲/۸۴
مجموع ۵ سال	۱۰۹۱۶	۲۵۰۴	۷۷/۰۶	۱۸۶۰	۸۲/۹۶



شکل ۹. نمودار میزان کاهش تبخیر روزانه طی ۵ سال مطالعه با استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل تک لایه (۱۸۲۶ روز)



شکل ۱۰. نمودار میزان کاهش تبخیر روزانه طی ۵ سال مطالعه با استفاده از پوشش پلی اتیلنی متخلخل دو لایه (۱۸۲۶ روز)

### بحث و نتیجه گیری

کاهش در حدود ۷۷٪ در حالت تک لایه و حدود ۸۳٪ در حالت دو لایه را نتیجه دهد. با توجه به این که در این پژوهش، پوشش‌ها فقط به صورت افقی بر روی سازه‌های مشبک قرار

با توجه به نتایج به دست آمده مطابق جدول (۴)، استفاده از پوشش‌های پلی اتیلن مشکی متخلخل می‌تواند به طور متوسط

۸۴٪ میزان تبخیر به ترتیب برای پوشش‌های یک لایه و دولایه پلی‌اتیلنی دست یافتند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نتایج آزمایش آن‌ها تطابق خوبی با نتایج به دست آمده از روابط تئوریک استفاده شده در این تحقیق دارد. از سویی دیگر با توجه به فرض ذکر شده مبنی بر قرارگیری پوشش‌ها در فاصله چندین متری از سطح آب، امکان چگالش آب بخار شده و قرارگیری آن به صورت قطرات آب در منافذ پوشش و چکه کردن این آب به داخل مخزن نیز منتفی به نظر می‌رسد. برای کمی‌تر نمودن این مورد، میزان سالانه کاهش تبخیر در ۳ حالت پوشش ۳۰٪، ۶۰٪ و ۹۰٪ از سطح حدود ۲۰ کیلومتر مربعی مخزن سد استقلال میناب، در جدول (۵) ارائه شده است.

می‌گیرند، تأثیر اصلی این پوشش‌ها بر میزان تابش ورودی به مخزن سد است و با توجه به فرض نصب پوشش‌ها در فاصله چندین متری از سطح آب، پوشش‌ها تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر سرعت باد بر سطح آب ندارند. تأثیر پوشش‌ها بر میزان گذردهی تشعشعات کاملاً به جنس و رنگ پوشش‌ها بستگی دارد. از نقاط قوت پوشش‌های پلی‌اتیلنی می‌توان به مقاومت زیاد این مواد در برابر تشعشعات متفاوت خورشید و همچنین عمر زیاد (حدود ۲۵ سال) و عدم احتیاج به تعمیر و نگهداری (مگر در موارد خاص) اشاره کرد. (Alvarez et al. (2006 با انجام آزمایش‌هایی با استفاده از پوشاندن تشت‌های تبخیر کلاس A با پوشش‌های پلی‌اتیلنی متخلخل به صورت کامل به نتیجه کاهش ۷۵٪ و

جدول ۵. خلاصه میزان کاهش تبخیر در سه میزان پوشش مختلف مخزن

میزان پوشش (درصد)	سطح پوشش (کیلومتر مربع)	متوسط میزان کل تبخیر سالانه (میلی‌متر)	متوسط میزان کاهش تبخیر سالانه ناشی از استفاده از پوشش تک لایه (میلی‌لیتر)	متوسط میزان کاهش تبخیر سالانه ناشی از استفاده از پوشش تک لایه (میلی‌لیتر)	میزان کاهش تبخیر سالانه با پوشش دولایه (میلیون مترمکعب)
۳۰٪	۶	۲۱۸۳	۱۶۸۱	۱۸۱۲	۱۰/۸۷
۶۰٪	۱۲	۲۱۸۳	۱۶۸۱	۱۸۱۲	۲۱/۷۴
۹۰٪	۱۸	۲۱۸۳	۱۶۸۱	۱۸۱۲	۳۲/۶۱

میلی‌متر و کمترین میزان نیز بسیار ناچیز است. با توجه به اهمیت این سد از نظر تأمین بخشی آب شرب کلان‌شهر بندرعباس و همچنین حجم ذخیره واقعی سد در سال‌های اخیر، اعداد کاهش میزان تبخیر جدول (۵)، اعداد قابل‌توجهی هستند؛ بنابراین این طرح در صورت انجام امکان‌سنجی اقتصادی و زیست محیطی دقیق، می‌تواند از هدررفت حجم زیادی از ذخیره آب مخازن جلوگیری نماید.

در خصوص میزان اثربخشی در طول سال نیز، همان‌گونه که از شکل‌های (۴ و ۵) پیداست، بیشترین تأثیر استفاده از پوشش‌ها برای کاهش تبخیر در اوایل فصل تابستان و کمترین میزان اثر نیز در اوایل فصل زمستان مشاهده می‌شود که با توجه به میزان تابش در فصول مختلف سال (بیشترین میزان تابش در تابستان و کمترین میزان تابش در زمستان) کاملاً قابل توجیه است. بیشترین میزان کاهش تبخیر برای هر دو نوع پوشش حدوداً مابین ۸ تا ۱۰

## REFERENCES

- Abtew, W. and Melesse, A. (2013). *Evaporation and Evapotranspiration: Measurements and Estimations*. New York: Springer.
- Alizadeh, A. (2008). *Principals of Applied Hydrology*. (7th edition), Mashhad: Emam Reza University. (In Farsi)
- Alvarez, V. M., Baille, A., Martínez, J. M. and Real, M. G. (2006). Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(4), 280-288.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Calder, I. R. and Neal, C. (1984). Evaporation from saline lakes: a combination equation approach. *Hydrological Sciences Journal*, 29(1), 89-97.
- De Bruin, H. A. R. (1982). Temperature and energy balance of a water reservoir determined from standard weather data of a land station. *Journal of Hydrology*, 59(3-4), 261-274.
- FAO (2016). AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved July 1, 2017, from <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>
- Hassani, A., Tajrishy, M. and Abrishami, A. (2011). Energy budget and thermal structure of the reservoirs in the arid regions, Case study: Saveh Dam Reservoir. *Watershed Engineering and Management*, 4(3), 215-223. (In Farsi)

- Hunter, K., Finn, N. and Barnes, S. (2007). The benefits of shade-cloth covers for potable water storages. In: *Proceeding of 70th Annual Water Industry Engineers and Operators Conference*, 4-6 Sep., Bendigo Exhibition Centre, Melbourne, Australia, pp. 86-92.
- Idso, S. B. and Jackson, R. D. (1969). Thermal radiation from the atmosphere. *Journal of geophysical Research*, 74(23), 5397-5403.
- Krause, P., Boyle, D. P. and Båse, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in geosciences*, 5, 89-97.
- Mazraeno, H., Talebi, M. and Hassanzadeh, M. (2014). Evaluation of evaporation reduction from agricultural water conservation pools using polystyrene coverage (Case Study: Aqda Area). In: *Proceedings of The First National Conference On the Use of Modern Science and Technology in Agriculture and Natural Resources*, 6 Mar., Yazd, Iran (In Farsi)
- McJannet, D. L., Webster, I. T., Stenson, M. P. and Sherman, B. S. (2008). Estimating open water evaporation for the Murray Darling basin. Report for CSIRO, Australia.
- Monteith, J. L. (1965). Evaporation and environment. *Symp Soc Exp Biol*, 19, 205-223.
- Moraisi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. and Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, 10(3), 282-290.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. London: Methuen and Co.
- Piri, M., Mousavi, H., Dehghani, A.A., Meftah halaghi, M. and Ghazali, A. A. (2009). Determining of effect of using heavy alcohols on reduction of evaporation in water storage surface. *Agriculture and Natural Resource Sciences*, 16, 284-293. (In Farsi)
- Piri, M., Hesam, M., Dehghani, A.A. and Meftah halaghi, M. (2011). Experimental study on the effect of physical and chemical approach in reducing the evaporation from water surface. *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(4), 141-154. (In Farsi)
- Sabatsani, H. and Mohammadi, A. (2012). Study on Use of fat alcohols in water evaporation reduction (Case Study: Urmia Lake). In: *Proceedings of 11th National Congress on Irrigation and Evaporation Reduction*, 7-9 Feb, Kerman, Iran (In Farsi)
- Santhi, C., Arnold, J. G., Williams, J. R., Dugas, W. A., Srinivasan, R. and Hauck, L. M. (2001). Validation of the swat model on a large rwer basin with point and nonpoint sources. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 37(5), 1169-1188.
- Simon, K., Shanbhag, R. and Slocum, A. H. (2015). Reducing evaporative water losses from irrigation ponds through the reuse of polyethylene terephthalate bottles. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(2).
- Sweers, H. E. (1976). A nomogram to estimate the heat-exchange coefficient at the air-water interface as a function of wind speed and temperature; a critical survey of some literature. *Journal of Hydrology*, 30(4), 375-401.
- Van Liew, M. W., Arnold, J. G. and Garbrecht, J. D. (2003). Hydrologic simulation on agricultural watersheds: Choosing between two models. *Transactions of the ASAE*, 46(6), 1539.